

EVALUASI UMUR LAYANAN WADUK SANGGEH

Suseno Darsono*, Risdiana Cholifatul Afifah, dan Ratih Pujiastuti
Pusat Studi Bencana LPPM Universitas Diponegoro

*E-mail: sdarsono@hotmail.com

Intisari

Waduk Sanggeh merupakan salah satu wujud usaha pengelolaan Sumber Daya Air yang berlokasi di desa Tambirejo, Kecamatan Toroh, Kabupaten Grobogan. Waduk Sanggeh dibangun antara tahun 1909-1911, dengan luas genangan waduk Sanggeh 13 ha dibangun dengan tujuan untuk mengairi sawah seluas 46 ha. Salah satu persoalan utama yang terjadi di dalam operasional Waduk Sanggeh adalah terjadinya sedimentasi yang berakibat pada pengurangan kapasitas waduk sehingga berdampak terhadap umur layanan waduk yang sudah direncanakan. Maka perlu dilakukan penelitian untuk memperkirakan umur layanan waduk berdasarkan laju sedimentasi Waduk Sanggeh pada kondisi saat ini. Analisis erosi dan sedimentasi diperlukan guna menentukan sisa umur waduk. Prediksi laju erosi dilakukan dengan analisis *USLE* untuk menghasilkan tingkat erosi lahan. Analisis *Sediment Delivery Ratio (SDR)* menghasilkan laju sedimen yang masuk ke Waduk Sanggeh. Volume sedimen yang mengendap di dalam waduk dapat diprediksi dengan cara mencari besarnya *trap efficiency*. Prediksi sisa umur layanan waduk dapat dikomparasi dari hasil perhitungan secara empiris dengan hasil pengukuran bathimetri. Sesuai dengan tujuan penelitian, hasil penelitian ini dapat memprediksi tingkat sedimentasi, dan memprediksi sisa umur layanan waduk selama 9 tahun, sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian. Diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menyusun pedoman operasi dan konservasi lahan DTA waduk, terutama Waduk Sanggeh.

Kata Kunci : Erosi, Sedimentasi, Umur Layanan Waduk.

LATAR BELAKANG

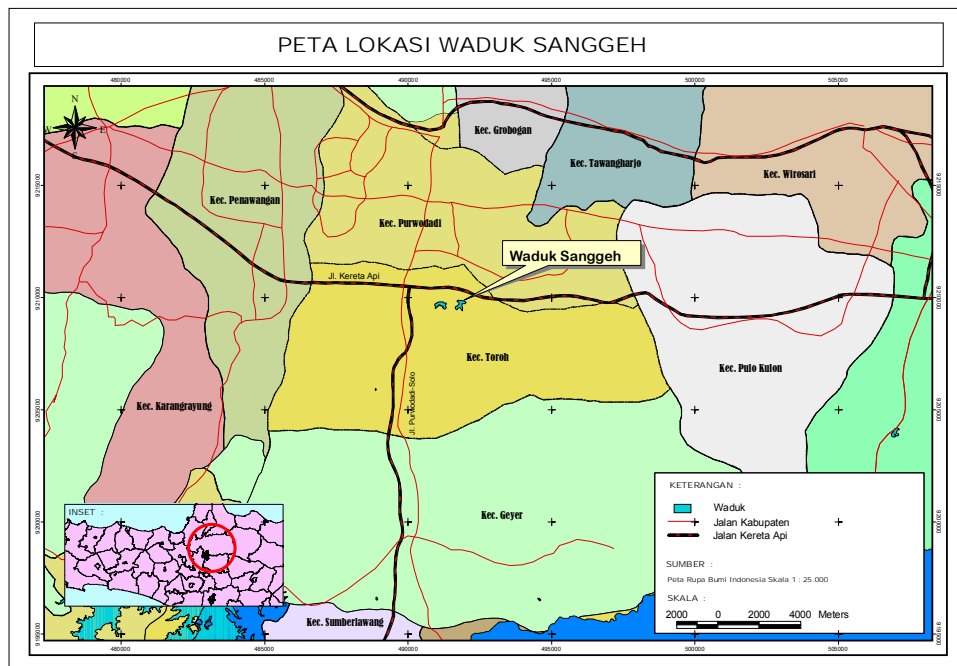
Waduk Sanggeh terletak di desa Tambirejo, Kecamatan Toroh, Kabupaten Grobogan. Waduk yang mampu menampung air kondisi normal sebanyak 176.923 m³, dan sumber air Waduk Sanggeh berasal dari limpasan permukaan Daerah Tangkapa Air. Waduk Sanggeh berfungsi sebagai tampungan air di musim hujan dan mengairi irigasi setengah teknis areal persawahan seluas 46 ha. Operasional dan Pemeliharaan Bendungan Sanggeh berada dibawah pengawasan Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana.

Penelitian ini mempunyai tujuan sebagai berikut.

- a. Mengukur elevasi dasar , volume sisa tampungan mati dan luasan waduk
- b. Menganalisis laju sedimentasi
- c. Menganalisis sisa kapasitas tampung sedimen waduk dan umur layanan waduk

Maksud dari penelitian ini diharapkan hasil penelitian dapat digunakan untuk menyusun pedoman analisis umur layanan waduk, terutama Waduk Sanggeh.

Daerah Tangkapan Air (DTA) waduk Sanggeh merupakan kawasan penopang dan sekaligus *green belt* untuk menjaga kelestarian waduk, dimana areal seluas 75,63 hektar tersebut terdiri dari Hutan Lebat 14,69 ha atau 19,42% dari luas DTA, Hutan Lebat Sedang 32,46 ha atau 42,92%, Hutan Gundul 19,42 ha atau 25,68%, Tegalan 9,06 ha atau 11,98%. Lokasi kegiatan Evaluasi Umur Layanan Waduk Sanggeh dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Waduk Sanggeh

Sedimen adalah agregat-agregat butiran hasil erosi lahan yang terkumpul di beberapa tempat yang telah dipindahkan pada jarak tertentu, baik lateral maupun vertical (Vanoni, 1975). Sedangkan proses sedimentasi adalah pelepasan, pengangkutan dan pengendapan tanah yang tererosi (Overbeek, HJ, 1978). Aspek laju sedimentasi terjadi akibat erosi yang terjadi di DAS yang dibawa oleh air melalui sungai menuju waduk, kemudian mengendap ke dalam tampungan waduk.

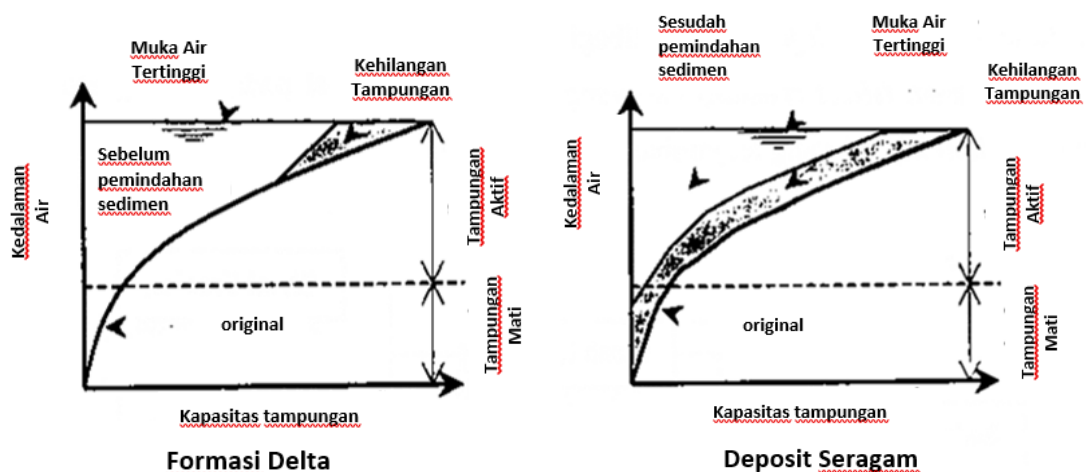
Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil sedimen adalah sebagai berikut : (Varshney, 1979)

1. Jumlah dan intensitas curah hujan
2. Tipe tanah dan formasi geologi
3. Lapisan tanah
4. Tutupan lahan DAS
5. Topografi
6. Jaringan sungai yang meliputi: kepadatan sungai, kemiringan, bentuk, ukuran dan jenis saluran.

Akibat sedimen terhadap fungsi waduk : (varshney, 1979)

1. Mengurangi usia guna atau umur layanan waduk yang secara langsung mempengaruhi manfaat waduk.
2. Distribusi sedimen di waduk mengatur letak pintu pengeluaran (*outlet*) untuk menghindari kecepatan sedimentasi.
3. Sedimen di daerah delta di atas elevasi puncak waduk dapat menyebabkan aggradasi (pengendapan) di bagian hulu waduk. Endapan ini mengurangi kapasitas masukan (*inflow capacity*) saluran.
4. Penggerusan atau degradasi di tepi atau tebing dan dasar saluran bagian hilir waduk.

Kapasitas total waduk saat direncanakan berdasar perhitungan volume tampungan waduk tanpa adanya sedimentasi. Seiring berjalannya waktu, perubahan tutupan lahan hijau menjadi areal bercocok tanam oleh masyarakat pada daerah hulu waduk menyebabkan tidak berfungsinya hutan sebagai pengendali erosi. Erosi tanah yang masuk ke waduk sebagai sedimen mengakibatkan penyusutan volume tampungan aktif (Mays and Tung, 1992). Deskripsi berkurangnya kapasitas waduk ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Berkurangnya Kapasitas Waduk Karena Sedimentasi (Mays and Tung, 1992)

Umumnya bangunan waduk sudah menyediakan daerah tampungan sedimen (volume tampungan mati), yang volumenya telah ditetapkan. Hal utama yang berkaitan dengan pengendapan sedimen di waduk adalah berat volume kering (*unit dry weight*) dan *trap efficiency* (*te*). Berat volume kering merupakan massa sedimen kering dalam satuan volume, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi berat volume kering di waduk, antara lain :

- a. Cara operasi waduk
- b. Tekstur dan ukuran partikel sedimen
- c. Tingkat pemadatan dan konsolidasi
- d. Arus rapatan massa dan kemiringan dasar sungai

METODOLOGI

Metode USLE (*Universal Soil Loss Equation*) dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith, dimana USLE memperkirakan besarnya erosi rata-rata tahunan secara kasar dengan menggunakan pendekatan dari fungsi energi hujan (Wischmeier, and Smith, 1978).

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan teknologi berbasis spasial yang sangat populer saat ini. Prediksi erosi dengan metode USLE juga bisa menggunakan SIG dalam perhitungannya. Pemanfaatan SIG berbasis pixel sebagai alat pemodelan spasial dalam memprediksi erosi bisa membantu keakuratan data yang dihasilkan khususnya pada lahan-lahan yang mempunyai keadaan topografi yang kompleks (Lorito, 2004).

Erosivitas (R) hujan adalah daya erosi hujan pada suatu tempat. Nilai erosivitas hujan dapat dihitung berdasarkan data hujan yang diperoleh dari penakar hujan otomatis dan dari penakar hujan biasa.

Erodibilitas tanah (K) adalah mudah tidaknya tanah mengalami erosi, yang ditentukan oleh berbagai sifat fisik dan kimia tanah.

Faktor panjang dan kemiringan lereng (LS). Faktor panjang lereng yaitu nisbah antara besarnya erosi dari tanah dengan suatu panjang lereng tertentu terhadap erosi dari tanah dengan panjang lereng 72,6 kaki (22,13 m) di bawah keadaan yang identik. Sedangkan faktor kecuraman lereng, yaitu nisbah antara besarnya erosi yang terjadi dari suatu tanah kecuraman lereng tertentu, terhadap besarnya erosi dari tanah dengan lereng 9% di bawah keadaan yang identik.

Faktor C menggambarkan nisbah antara besarnya erosi dari lahan yang bertanaman tertentu dan dengan manajemen (pengelolaan) tertentu terhadap besarnya erosi tanah yang tidak ditanami dan diolah bersih. Faktor ini mengukur kombinasi pengaruh tanaman dan pengelolaannya. Merupakan rasio dari tanah pada tanaman tertentu dengan tanah gundul. Pada tanah gundul (petak baku) nilai C = 1.0. Untuk mendapatkan nilai C tahunan perlu diperhatikan perubahan – perubahan penggunaan tanah dalam setiap tahun.

Sedimentasi yang terjadi di muara sungai/sepanjang sungai ataupun di waduk dapat diperhitungkan/diperkirakan dengan Nisbah Pengangkutan Sedimen (NPS) atau *Sediment Delivery Ratio* (SDR). Perhitungan SDR ini menggunakan nilai NPS sebagai fungsi luas daerah aliran (Arsyad, 2000). Hubungan luas DAS dan besarnya SDR dapat dilihat pada Tabel 1 (Arsyad, 2000).

Analisa *trap efficiency* menggunakan Rumus Brune. Brune mengembangkan hubungan empiris untuk mengestimasi *trap efficiency* jangka panjang pada waduk yang digenangi secara normal, didasarkan pada hubungan antara : rasio kapasitas dan inflow, dan *trap efficiency*.

Tabel 1. Hubungan Luas DAS dan Besarnya SDR

Luas (ha)	SDR
10	0.52
50	0.39
100	0.35
500	0.25
1000	0.22
5000	0.153
10000	0.127
50000	0.079

Analisa umur waduk dihitung dengan hubungan antara volume sedimen yang mengendap dengan sisa volume *dead storage* (volume tampungan mati) waduk (Lewis et al., 2013).

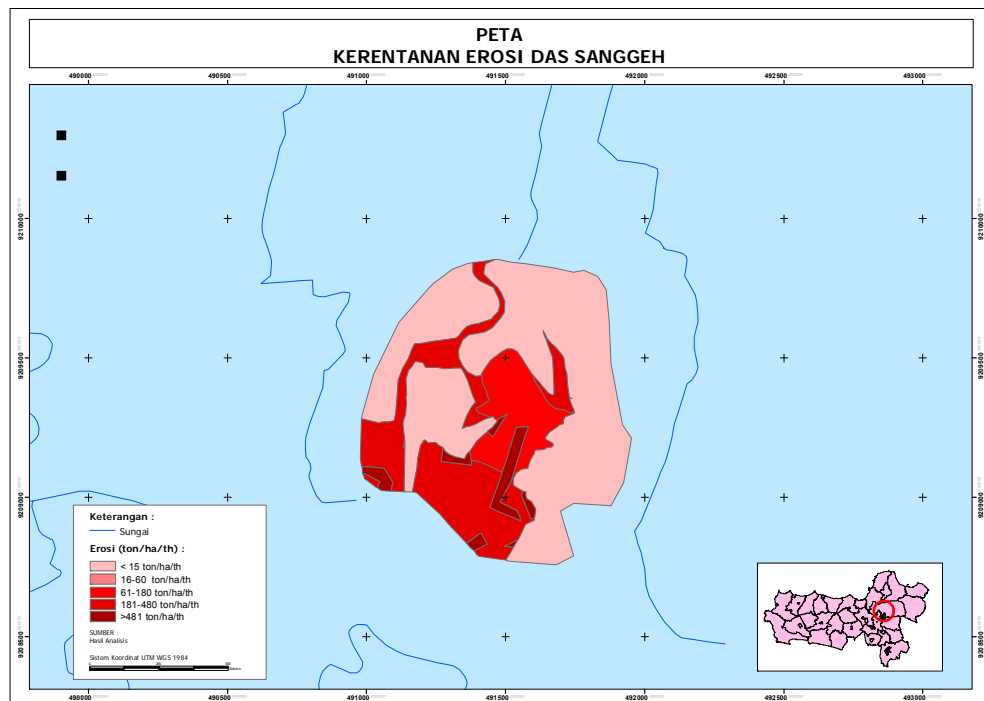
Hasil sedimen tahunan atau musiman dapat juga ditentukan dari pengukuran terhadap perubahan dasar waduk yang dilewati oleh sungai tersebut. Pengukuran perubahan dasar waduk ini biasanya dilakukan dengan bathimetri. Setelah diperoleh data kedalaman dan jarak tiap-tiap jalur sesuai dengan patok tetap, selanjutnya dapat dibuat peta kontur kedalaman waduk dengan cara interpolasi. Berdasarkan peta kontur ini maka dapat dihitung volume waduk. Volume waduk saat pengukuran dibandingkan volume waduk dari pengukuran periode sebelumnya maka akan diketahui besarnya sedimen yang teredapkan dalam waduk. Perbandingan volume tersebut harus dihitung berdasarkan acuan elevasi yang sama. Dari hasil pengukuran bathimetri ini nanti bisa diketahui besarnya laju sedimentasi yang terjadi yang selanjutnya digunakan untuk memprediksi berapa sisa usia guna Waduk Sanggeh.

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

Data utama yang digunakan dalam analisis Evaluasi Umur Layanan Waduk Sanggeh antara lain data hujan harian, jenis tanah, penggunaan lahan, dan kemiringan lereng.

Data hujan harian merupakan input dari perhitungan Erosivitas (R) hujan. Hasil analisa erosivitas di DAS Sanggeh menunjukkan bahwa DAS Sanggeh merupakan daerah dengan intensitas nilai erosivitas tinggi sebesar 2100-2200 mm. Jenis tanah berpengaruh pada Erodibilitas (K), jenis tanah DAS Sanggeh didominasi oleh Grumosol yang diketahui memiliki nilai K paling tinggi yaitu 0,24. Jenis tutupan lahan yang mendominasi adalah hutan dengan taraf kelembatan sedang, sehingga diperoleh nilai C sebesar 0,005. Penilaian Indeks Kemiringan Lereng (LS), DAS Sanggeh termasuk lahan dengan kemiringan landai dengan LS 0,4.

Berdasarkan hasil analisis erosi tanah eksisting untuk DAS Sanggeh adalah 74,117 ton/ha/tahun atau 2,96 mm/tahun. Mengacu pada (Suripin, 2004) bahwa klasifikasi erosi DAS Sanggeh tergolong sedang, yaitu diantara 60-180 ton/ha/tahun. Peta kerentanan erosi DAS Sanggeh ditampilkan pada Gambar 3. Dari perhitungan SDR dengan menggunakan nilai NPS (Nisbah Pengangkutan Sedimen) sebagai fungsi luas daerah aliran dihasilkan nilai SDR DAS Sanggeh sebesar 0,382. Sedimen yang masuk ke waduk yaitu perkalian antara nilai SDR dan erosi dihasilkan sebesar 28,18 ton/tahun.

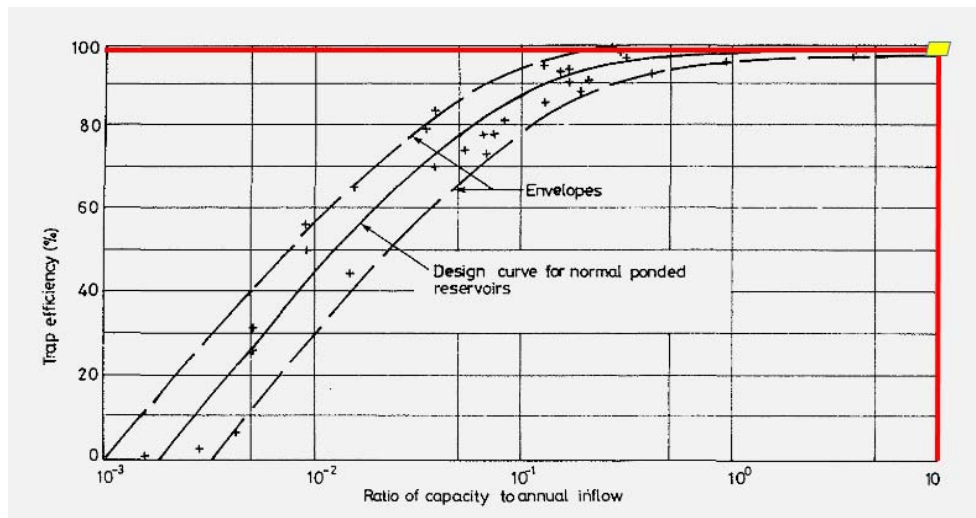


Gambar 3. Kerentanan Erosi DAS Sanggeh

Pada perhitungan sedimen yang mengendap di dasar waduk diketahui prosentase trap efisiensi yang dihasilkan dari rasio inflow dan kapasitas waduk yang kemudian diplotkan pada grafik trap efisiensi menurut (Brune, 1953) adalah 98% yang ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 4. Sehingga endapan sedimen di dasar waduk pada tahun ke-8 mencapai 6.938,01 m³. Jadi, dari perhitungan erosi dan sedimentasi secara empiris dihasilkan sisa umur layanan waduk yaitu 8 tahun.

Tabel 2. Rasio Inflow dan Kapasitas Waduk

Uraian	Debit/Tampungan	Satuan
kapasitas waduk (C)	234.193,97	m ³
inflow tahunan (I)	24.421,67	m ³
C/I	10	
trap efficiency (te)	98	%



Gambar 4. Grafik *Trap Efisiensi* after Brune

Berdasarkan pengukuran bathimetri yang dilakukan pada tahun 2016 diketahui bahwa volume sedimen yang mengendap di waduk sebesar 2436,00 m³, sedangkan pada pengukuran 3 tahun sebelumnya yaitu tahun 2013, volume sedimen yang mengendap di waduk sebesar 57,88 m³ karena telah dilakukan pengerukan. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa tampungan mati waduk terisi sedimen sebesar 2378 m³ selama kurun waktu 3 tahun, yang berarti bahwa endapan sedimen di dasar waduk rata-rata 792,67 m³ per tahun. Berdasarkan pengukuran dapat diprediksi sisa umur layanan waduk 9 tahun.

Dari perbandingan kedua metode empiris dan pengukuran yang digunakan tidak terjadi perbedaan sisa usia guna waduk yang terlalu besar sehingga dapat disimpulkan bahwa sisa usia guna Waduk Sanggeh hanya sekitar 8-9 tahun. Upaya konservasi untuk memperpanjang umur operasi waduk perlu kajian lanjutan.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian yang dapat disampaikan sebagai berikut :

1. Sesuai dengan tujuan penelitian ini dapat disimpulkan elevasi dasar waduk saat ini +42 m, volume sisa tampungan mati 4622 m³, dan luasan waduk 116,00 m².
2. Resiko erosi di daerah kajian adalah 74,117 ton/ha/tahun atau 2,96 mm/tahun. Mengacu pada (Suripin, 2004) bahwa klasifikasi erosi DAS Sanggeh tergolong sedang, yaitu diantara 60-180 ton/ha/tahun. Dari perhitungan SDR dengan menggunakan nilai NPS (Nisbah Pengangkutan Sedimen) sebagai fungsi luas daerah aliran dihasilkan laju sedimentasi yang masuk ke waduk sebesar 28.18 ton/th.
3. Dari hasil analisis erosi dan sedimentasi dapat diprediksi sisa umur layanan Waduk Sanggeh tinggal 8 tahun. Sedangkan dari hasil pengukuran dapat diperkirakan sisa umur layanan waduk 9 tahun. Berdasarkan perbandingan

antara hasil perhitungan dan pengukuran volume tampung mati waduk, dapat disimpulkan sisa umur layanan Waduk Sanggeh sekitar 8-9 tahun.

Rekomendasi

Rekomendasi dari studi yang dapat disampaikan yaitu upaya konservasi lahan dengan berbagai teknik seperti penghijauan, terasering perlu dilakukan untuk memperpanjang umur layanan Waduk Sanggeh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terimakasih pada BBWS Pemali Juana dan Pengelola Waduk Sanggeh, atas dukungan dan bantuan data sekunder guna menunjang terlaksananya .kajian ini.

REFERENSI

- Brune, G. N. (1953). *Trap Efficiency For Reservoir*. Transaction of the American Geophysical Union, Vol. 34, no. 3.
- Lorito, S. D. (2004). *Introduction of GIS-Based RUSLE Model for Land Planning and Environmental Management in Three Different Italian Ecosystems*. Italy: Bologna University.
- Larry W. Mays and Yeou-Koung Tung (1992). *Hydrosystems Engineering and Management*. New York: Mc Graw Hill.
- Overbeek, HJ. (1978). *River Engineering&Flood Protection*. Bangkok: AIT.
- Sitanala Arsyad. (2000). *Konservasi Tanah dan Air*. Bandung: Penerbit IPB (IPB press).
- Lewis S. E., Bainbridge Z. T., Kuhnert P. M., Sherman B. S., Henderson B., Dougall C., Cooper M., and Brodie j. E. (2013). Calculating sediment trapping efficiencies for reservoirs in tropical settings: A case study from the Burdekin Falls Dam, NE Australia. *Water Resources Research*, Vol. 49, , 1019.
- Suripin (2004). *Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Vanoni, V.A. (1975). *Sedimentation Engineering*. New York: ASCE.
- Varshney, R. S. (1979). *Engineering Hidrology*. India: Bhagalpur College of Engineering Bhagalpur.
- Wischmeier, W. H., and Smith L. D. (1978). *Predicting Rainfall-Erosion Losses : A Guide To Conservation Planning*. USDA Agriculture Handbook.